

Die Erfindung betrifft einen Extruder, gemäß dem Oberbegriff von Anspruch 1.

Ein derartiger Extruder ist beispielsweise aus der AT-E-40073B bekannt. Er weist einen Transferbereich auf, in welchem das zu extrudierende Material aus dem Bereich der Extruderschnecke in Gewindegänge gedrückt wird, die in der Extruderhülse vorgesehen sind. Durch den Transfer von der Extruderschnecke in den Bereich der Extruderhülse und zurück soll die Mischung der Ausgangsmaterialien verbessert werden, die ein wesentliches Qualitätsmerkmal des Extrudats darstellt. Um Verluste zu vermeiden, sind die Querschnitte der Strömungskanäle genau abgestimmt, und die Extruderschnecke läuft exakt in der Extruderhülse, abgesehen von dem konstruktiv erforderlichen Spalt von beispielsweise 100 µm entsprechend dem Lagerspiel und der Durchbiegung der Extruderschnecke während der Drehung und Belastung.

Es ist auch bereits vorgeschlagen worden, die Strömungsquerschnitte gezielt zu ändern, um Scherströmungen zu erzeugen, die die Mischung verbessern sollen. Durch die Reduktion der Querschnittsfläche entsteht bei Gummi- oder Kautschukmischungen, die insofern wie Newtonsche Flüssigkeiten wirken, eine Längsströmung, die einer Beschleunigung der Mischung in achsparalleler Richtung des Extruders entspricht. Hierdurch ist jedoch die Verweilzeit des Extrudats im Extruder ebenfalls reduziert. Die diskontinuierliche Steigung in den Schneckengängen des Transfermischbereichs reduziert insofern die Homogenisierleistung, und auch das Temperatur-Verhalten wird schlechter. Die diskontinuierliche

Steigung ist daher nur für einfach zu verarbeitende Kautschukmischungen gut geeignet.

Demgegenüber liegt der Erfindung die Aufgabe zu Grunde, einen Extruder gemäß dem Oberbegriff von Anspruch 1 zu schaffen, dessen Temperaturverteilung und Homogenisierleistung auch bei anspruchsvolleren Mischungen wie Naturkautschuk verbessert ist.

Diese Aufgabe wird erfindungsgemäß durch Anspruch 1 gelöst. Vorteilhafte Weiterbildungen ergeben sich aus den Unteransprüchen.

Erfindungsgemäß besonders günstig ist es, dass durch die Bereitstellung eines Überströmspalts ein Scherströmungsprofil erzeugt wird, das bei gleicher Länge des Extruders eine deutlich verbesserte Homogenisierleistung bietet. Durch die erfindungsgemäß induzierten Dehn- oder Scherströmungen erfolgt gezielt eine verbesserte Durchmischung, die das Temperaturniveau deutlich gleichmäßigigt. Kältere Bereiche der Mischung können in die erfindungsgemäßen Breitspalte einströmen. Die dortigen Polymerketten neigen dazu, aneinander entlangzugleiten und sich hierdurch gezielt zu erwärmen.

Erfindungsgemäß ist die Verweilzeit der Mischung in dem Extruder deutlich vergrößert, wobei sich durch die Bemessung des erfindungsgemäßen Breitspalts die Länge der Verweilzeit gezielt steuern lässt.

In vorteilhafter Ausgestaltung der Erfindung ist es vorgesehen, den Spalt je mit Anströmschrägen zu versehen, die die Einstromneigung des Materials noch verbessern. Der Winkel und die genaue Ausgestaltung der Einstömschrägen lässt sich in weiten Bereichen an die Erfordernisse anpassen.

Bevorzugt erfolgt erfindungsgemäß der Transfer mit einer linearen Kennlinie. Es versteht sich, dass es anstelle dessen auch möglich ist, eine vom linearen Verlauf abweichende Kennlinie zu wählen, beispielsweise eine Kennlinie, bei der die Steigung in

kurzen Bereichen negativ ist, also der Strömungsquerschnitt der Strömungskanäle der Extruderschnecke zu- und dem entsprechend der Strömungskanäle der Extruderhülse abnimmt.

Erfindungsgemäß besonders günstig ist es, das trotz gleicher Baulänge des Extruders die Durchmischung wesentlich verbessert wird. Dies geschieht mit überraschend einfachen Maßnahmen, wobei die in Zusammenhang mit der Erfindung vorgenommenen Untersuchungen ergeben haben, dass die erforderliche Leistungsaufnahme sich nicht wesentlich von den Extrudern gemäß dem Stand der Technik unterscheidet. Durch die Scherströmung werden offenbar gerade auch kalte Zonen des Extrudats erwärmt, so dass auch hinsichtlich der Temperatur eine Homogenisierung entsteht.

Weitere Vorteile, Einzelheiten und Merkmale ergeben sich aus der nachstehenden Beschreibung eines Ausführungsbeispiels anhand der Zeichnungen.

Es zeigen:

Fig. 1 einen Extruder in einer erfindungsgemäßen Ausführungsform, nämlich im schematischen Schnitt etwa in der Mitte des Transferbereichs;

Fig. 2 den Extruder in der Ausführungsform gemäß Fig. 1, in einem Schnitt am Ende des Transferbereichs; und

Fig. 3 eine schematische Darstellung eines erfindungsgemäßen Scherspalts in einer anderen Ausführungsform, im Vergleich zum Stand der Technik.

Der in Fig. 1 dargestellte Extruder 10 weist eine Extruderhülse auf, in der in an sich bekannter Weise eine Extruderschnecke läuft. Der Schnitt gemäß Fig. 1 zeigt den Transferbereich. Die Extruderschnecke weist Rippen 16 auf, zwischen denen sich Strömungskanäle 18 erstrecken. Auch die Extruderhülse 12 weist Rippen 20 auf, zwischen denen sich Strömungskanäle 22 erstrecken.

Erfindungsgemäß sind die Rippen 20 in ihrer Breite vergrößert, und zwar auf eine Breite, die etwa der Breite der Rippen 16 der Extruderschnecke 14 entsprechen. In dem dargestellten Ausführungsbeispiel 1 beträgt die Rückenbreite etwa die Hälfte der Breite eines Strömungskanals 22.

Erfindungsgemäß ist ferner zwischen den Rippen 16 und 20 ein Scherspalt 24 ausgebildet, der eine Breite von etwa 3 % des Durchmessers der Schnecke aufweist. Kombiniert mit der verlängerten Rückenbreite ergibt sich so ein Scherspalt 24, in dem das Extrudat intensiv durchmischt wird. Es versteht sich, dass die Breite des Scherspalt 24 in weiten Bereichen an die Erfordernisse angepasst werden kann. Beispielsweise kann der Scherspalt auch 5 % des Durchmessers des Extruders betragen, oder beispielsweise lediglich 0,8 %. Die genaue Ausgestaltung hängt auch von der Anzahl der Gänge der Schnecke 14 ab, also von der Anzahl der Rippen 16, die um den Umfang der Schnecke verteilt sind. In dem dargestellten Ausführungsbeispiel sind acht Hülsenrippen 20 mit vier Schneckenrippen 16 kombiniert. Es versteht sich, dass die Ausgestaltung und Anordnung in weiten Bereichen an die Erfordernisse anpassbar ist.

Gemäß der in Fig. 1 dargestellten vorteilhaften Ausgestaltung der Erfindung weist jede Rippe 16 und 20 eine Anschrägung 26 und 28 auf, die in dem dargestellten Ausführungsbeispiel als Abrundung ausgebildet ist. Diese Anschrägungen 26 und 28 verbessern die Einströmung des Extrudats in den Scherspalt 24 deutlich, so dass auch kalte Bereiche höherer Viskosität leicht in den Spalt gelangen und dort durch die erzeugten Scher- und Dehnströmungen erwärmt werden.

Auch hier versteht es sich, dass die genaue Ausgestaltung der Anschrägungen 26 und 28 in weiten Bereichen an die Erfordernisse anpassbar ist.

Gemäß Fig. 2 ist dargestellt, in welcher Weise die Extruderröhre 12 und die Extruderschnecke 14 sich am Ende des Transferbereichs darstellen. Die Strömungskanäle 22 weisen einen Strömungsquerschnitt auf, der der Summe der Strömungskanäle 18 und 22 gemäß Fig. 1 entspricht. Die Strömungskanäle 18 sind am Ende des Transferbereichs auf Null reduziert. Auch an dieser Stelle ist ein erfindungsgemäßer Scherspalt 24 vorgesehen, der die vorstehend genannten Wirkungen aufweist.

Anschließend an den Transferbereich erstreckt sich in an sich bekannter Weise ein weiterer Transferbereich, in welchem die Tiefe der Strömungskanäle 22 reduziert und parallel hierzu die Strömungskanäle 18 in ihrem Querschnitt vergrößert werden, bis die Strömungskanäle 22 verschwunden sind.

Aus Fig. 3 ist ersichtlich, in welcher Weise ein erfindungsgemäßer Scherspalt 24 ausgebildet sein kann. Bei dieser Ausführungsform sind die Anschrägungen 26 und 28 als Fasen ausgebildet. Ihre Breite beträgt etwa die Hälfte der Breite der Rippen 16 und 20. In diesem Ausführungsbeispiel beträgt der Anstellwinkel  $\alpha_a$  der Anschrägung 26 ungefähr  $15^\circ$ , und der Anstellwinkel  $\alpha_b$  der Rippe 20 beträgt ebenfalls  $15^\circ$ . Die Breite des Scherspalt 24 beträgt etwa die Hälfte der Höhe jeder Rippe 16 und 20, oder ein Viertel der Summe der Höhen der Rippen 16 und 20, deren Höhen sich ja während der Transferbereichs kontinuierlich ändern, während die Summe der Höhen konstant bleibt.

Es versteht sich, dass anstelle dieser Breite  $\delta$  des Scherspalt 24 auch eine Breite von beispielsweise lediglich einem Zehntel der Summen der Rippen realisierbar ist.

In Fig. 3 ist auch zum Vergleich der konstruktiv bedingte Restspalt 30 rechts dargestellt, wie es sich bei Extrudern gemäß dem Stand der Technik ergibt. Es ist ersichtlich, dass doch der Restspalt eine Höhe von beispielsweise 2,5 % der Summe der Rippenhöhe haben kann. Erfindungsgemäß ist demgegenüber der Bereich

erhöhter Scherung signifikant und gezielt vergrößert, so dass sich die erfindungsgemäßen Wirkungen ergeben.

Patentanmeldung

## Extruder

Patentansprüche

1. Extruder, mit einem Transferbereich, der Rippen in einer Extruderhülse aufweist, zwischen denen sich Strömungskanäle erstrecken, wobei den Hülse-Strömungskanälen gegenüberliegende Strömungskanäle in der Extruderschnecke ausgebildet sind und wobei die Summe der Querschnitte der Strömungskanäle in Extrusionsrichtung betrachtet sich zur Hülse hin und dann zur Schnecke hin verlagert, dadurch gekennzeichnet, dass die Rippen (20) der Extrusionshülse (12) an dem der Schnecke (14) zugewandten Rücken eine Breite aufweisen, die mindestens ein Drittel, insbesondere mindestens die Hälfte und bevorzugt etwa 80 bis 100 % der Breite der Strömungskanäle (22) beträgt, und dass zwischen den Rücken der Rippen (20) der Extruderhülse (12) und der Schnecke (14) ein Spalt (24) von mehr als 0,5 %, insbesondere von etwa einem Prozent des Durchmessers der Schnecke (14) vorgesehen ist.

KONTEN: DEUTSCHE BANK AG, MÜNCHEN, KONTO-NR. 2014 009 · POSTBANK MÜNCHEN 800 80-807

2. Extruder nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, dass der Spalt (24) mindestens zwei Prozent des Durchmessers der Schnecke (14) breit ist und/oder mindestens 15 % der Summe der Höhe der Rippen (16, 20) beträgt.

3. Extruder nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, dass jeder Rippenrücken eine Anschrägung (26, 28) aufweist, in der der Spalt (24) auf mindestens 3 %, insbesondere mehr als 5 % des Durchmessers der Extruderschnecke (14) vergrößert ist und dass die Normale des Rückens schräg gegen die Drehrichtung der Schnecke (14) weist.

4. Extruder nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, dass eine Anschrägung (28) des Rückens der Hülsenrippen (20) einen Teil der Rückenbreite betrifft, insbesondere etwas mehr als die Hälfte und bevorzugt die vorderen drei Fünftel der Rückenbreite, in Drehrichtung der Schnecke (14) betrachtet.

5. Extruder nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, dass der Rücken der Rippen (16) der Extruderschnecke (14) ebenfalls angeschrägt ist, insbesondere an seiner in Drehrichtung vorderen Kante.

7. Extruder nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, dass die Rücken der Rippen (16, 20) der Extruderschnecke (14) und/oder der Extruderhülse (12) an ihrer in Drehrichtung vorderen Kante eine Abrundung oder eine Fase aufweisen.

8. Extruder nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, dass der Spalt (24) lediglich in einem Teil des Transferbereichs auf mindestens 0,5 % vergrößert ist und im Übrigen etwa 1% des Durchmessers der Extruderschnecke (14) beträgt.



9. Extruder mit einer Extruderschnecke, die in einer Extruderhülse läuft, wobei Strömungskanäle vorgesehen sind, die sich zwischen Rippen erstrecken und einen vorgegebenen Strömungsquerschnitt aufweisen, dadurch gekennzeichnet, dass die Rippen (16, 20) eine Rückbreite aufweisen, die etwa ein Drittel der Breite der Strömungskanäle (18), insbesondere etwa die Hälfte der Breite der Strömungskanäle (18) und bevorzugt etwa 80 bis 120 % der Breite der Strömungskanäle (18) beträgt, und dass der Spalt (24) zwischen Extruderhülse (12) und Extruderschnecke (14) mindestens 1 mm beträgt, bevorzugt 1,5 bis 3 mm.

10. Extruder nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, dass zwischen Extruderschnecke (14) und Extruderhülse (12) ein Scherspalt (24) ausgebildet ist, in welchem das zu extrudierende Material Dehnströmungen oder Scherströmungen ausgesetzt ist.

### ZUSAMMENFASSUNG

Es ist ein Extruder vorgesehen, mit einem Transferbereich, der Rippen in einer Extruderhülse aufweist, zwischen denen sich Strömungskanäle erstrecken. Es sind den Hülse-Strömungskanälen gegenüberliegende Strömungskanäle in der Extruderschnecke ausgebildet und die Summe der Querschnitte der Strömungskanäle in Extrusionsrichtung betrachtet verlagert sich zur Hülse hin und dann zur Schnecke hin. Die Rippen (20) der Extrusionshülse (12) an dem der Schnecke (14) zugewandten Rücken weisen eine Breite auf, die mindestens ein Drittel, insbesondere mindestens die Hälfte und bevorzugt etwa 80 bis 100 % der Breite der Strömungskanäle (22) beträgt. Zwischen den Rücken der Rippen (20) der Extruderhülse (12) und der Schnecke (14) ist ein Spalt (24) von mehr als 0,5 %, insbesondere von etwa einem Prozent des Durchmessers der Schnecke (14) vorgesehen.

(Fig. 3)